



**Araştırma Makalesi (Research Article)**

Cilt 1 - Sayı 2: 51-58 / Nisan 2018

(Volume 1 - Issue 2: 51-58 / April 2018)

# TDY 2007'YE GÖRE MEVCUT BİR YAPININ PERFORMANS ANALİZİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ ÖRNEĞİ

**İbrahim Ö. DENEME<sup>1\*</sup>, Dilara DEMİRKAN<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray, Türkiye

**Gönderi:** 09 Mart 2018; **Yayınlanma:** 01 Nisan 2018

**(Submission:** March 09, 2018; **Published:** April 01, 2018)

## Özet

Tüm yapılar yük etkisi ile şekil değiştirirler. Bu şekil değiştirmeler eğer yükler belli değerlerin altında ise elastiktir. Yükler büyük olduğu zaman özellikle deprem gibi durumlarda yapı rijitliğini ve dayanımını kaybeder ve hasarlar oluşur. Bu çalışmada, ilk önce depremlerin yapıda oluşturdukları hasarlar, hasar derecesinin tespiti ve güçlendirme yöntemleri ile ilgili genel bilgiler verildikten sonra betonarme yapıların güçlendirilmesi ile ilgili çözümler sunulmuştur. Bu çalışmada uygulama çalışması kapsamında ele alınan binanın mevcut durumu ve üç farklı güçlendirme yöntemi incelenmiştir. Bu yöntemler perde eklenmesi, sadece kolonların mantolanması ve perde eklenmesi ile kolonların mantolanmasının birlikte uygulanmasıdır. Belirlenen modeller bilgisayar paket programı ile analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar tablolar halinde sunulmuştur. Tez çalışmasının sonuç kısmında incelenmiş olan yapı için uygulanabilecek en uygun güçlendirme modeli tavsiye edilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Güçlendirme yöntemleri, Deprem etkisi, Yapı eleman davranışı, Güçlendirme yöntemi karşılaştırmaları

## Performance Analysis of an Existing Structure According to TDY 2007 and a Strengthening Project Example

**Abstract:** All structures deform under load effect. These deformations are elastic if loads are smaller than the specific values. When abnormal loading conditions, especially in the earthquake, structure will lose its stiffness and strength then damages will occur. In this study, firstly background information about damages occurred at structures due to earthquakes, determination of damage level and reinforcement methods are given and then solutions related to reinforcement of the concrete structures are presented. In this study, current condition of building studied under the scope of application study and three different reinforcement methods are examined. These methods, (i) adding load-bearing wall, (ii) only column exterior sheathing and (iii) adding load-bearing wall plus column exterior sheathing, are analyzed by a computer software software. Results obtained are given as tables. In the conclusion part of thesis study, statically best reinforcement model for the examined structure is suggested.

**Keywords:** Strengthening methods, Earthquake effect, Structural member behavior, Comparison of strengthening methods

\*Corresponding author: Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray, Türkiye

Email: ideneme@aksaray.edu.tr (İ.Ö. DENEME)

## 1. Giriş

Türkiye konumuna bakıldığı zaman önemli fay hatları üzerinde bulunan bir ülkedir. Bu durum bilinmesine rağmen depremlerin oluşturduğu olumsuz etkilerinden dolayı çok sayıda can ve mal kaybı meydana gelmektedir. Bunun örnekleri yakın zamanda yaşanan Van depreminde görüleceği gibi Erzincan, Dinar ve Marmara depremlerinde de görülmektedir. Farklı ülkelerde bu denli depremlerde can kaybı olmazken veya çok az durumda iken ülkemizde o kadar yaşanmış depremlere rağmen halen çok sayıda insan hayatını kaybetmektedir. Bunun en büyük sebepleri arasında yapıların projede tasarlandığı amaç için kullanılmaması, tasarım hataları, denetim eksiliği gibi sorunlar sayılabilir.

Yaşanan depremlerden sonra yönetmeliğimizde önemli değişiklikler gerçekleşmiş ve güçlendirme konusuna ülkemizde geçte olsa önem verilmeye başlanmıştır. Bu değişiklikler özellikle 1999 Marmara depreminden sonra yapılmıştır. Yönetmeliklerde yapılan değişikliklerle birlikte çeşitli kamu kuruluşları tarafından güçlendirme çalışmaları yapılmaya başlanılmıştır. Şuanda ülkemizde geçerli olan yönetmelik "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 - TDY 2007 (Anonim, 2007) dir. Bu yönetmelik şartları eski yönetmelik ile yapılan yapılara uygulandığında birçok yapının depreme karşı gereken dayanımı göstermediği görülmektedir.

Ülkemizdeki mevcut yapı stoğu incelendiğinde birçok yapının riskli yapı sınıfında olduğu görülmektedir. Onarım ve güçlendirme çalışmalarının gerekliliği tespit edildikten sonra bu yöntemlerin uygulanmasında oldukça dikkatli olmak önem arz etmektedir. Yanlış yapılan bir onarım ve güçlendirme çalışması yapıyı olumsuz etkileyebileceğinden dolayı gereken özen gösterilmelidir. Son yıllarda ülkemizde kullanılmakta olan yönetmelik bu konuda olumlu sonuçlar doğurması beklenen çalışmaların geçte olsa başlamasına sebep olmuş ve bu kapsamda büyükşehirlerden başlanarak geniş çaplı güçlendirme çalışmaları yapılması, depreme karşı zayıf olan yapıların ise yıkılıp yeniden yapılması çalışmaları başlatılmıştır.

Betonarme yapıların onarımı ve güçlendirilmesi adına birçok çalışma yapılmıştır. Güçlendirmeler tüm yapı için düşünülebileceği gibi sadece betonarme eleman düzeyinde de yapılabilir. Yapılan incelemelerde bu konuları kapsamaktadır. Bu çalışmalar; Chronopoulos (1986), onarılmış/güçlendirilmiş betonarme kolonların tersinir yük altındaki davranışın incelenmesi, Suleiman (1990), mantolanarak güçlendirilen betonarme kolonların aksel yük ve tek eğrilikli eğilme altındaki davranışı ve dayanımının deneysel olarak incelenmesi, Chajes ve ark. (1995), betonarme kirişlerin kesme kuvvetine karşı güçlendirilmesi için dıştan uygulanan kompozit yapılarının incelenmesi, Ziraba ve Baluch

(1995), betonarme kirişlerin güçlendirilmesi için epoksi yardımıyla çelik levha yapıştırma yönteminin incelenmesi, Babaloğlu (1995), komşu iki yüzünden mantolanmış kolon örneklerini mekanik kenetleme yöntemi ile deprem yükleri altında deneysel olarak incelenmesi, Elmas ve ark. (1997), tekil yükler etkisinde ve orta bölgesinde çekme çatlağı bulunan betonarme kirişlerin epoksi reçinesi ile yapıştırılan çelik plakalarla güçlendirilmesi durumunda gerilme analizinin incelenmesi, Deneme (2001), 1999 Marmara Depreminde hasara gören bir yapıya farklı güçlendirme yöntemlerini uygulamış ve sonuçların karşılaştırılması, Kuşan (2002), depremin oluş nedeni, türleri, parametreleri, yapı türleri, depremin yapıya etkileri, betonarme sistemlerde deprem dayanımının sağlanması için gerekli koşullarının incelenmesi, Sayın (2003), binalarda çerçeve arasını dolduran dolgu duvarların deprem etkisi altında yapı davranışına olumsuz etkilerini ayrıntılı bir şekilde incelenmesi, Ceritli (2006) depremde hasar görmüş yapıların bir bütün olarak güçlendirilmesinin incelenmesi, Yılmaz (2007), betonarme binaların yapı dışarısından betonarme perdelerle güçlendirilmesinin incelenmesi, Yıldırım (2008), TDY 2007'de yer alan performans tasarımını hem mevcut yapı hem de güçlendirilmiş yapıda uygulanması, Atay (2010), uygulama yeri ve şekline göre çeşitli etkileri olan yöntemler, elde edilen bilgiler doğrultusunda, eleman ve malzeme bazında olmak üzere iki başlık altında incelenmesi, Batmacı (2011), deprem performansı yetersiz olan mevcut yapı sistemlerinde kullanılan güçlendirme yöntemlerinin incelenmesi şeklinde sıralanmaktadır.

Bu çalışmada TDY 2007'de de bulunan 7. bölümünde bulunan performans analizi kısmı incelenerek örnek bir yapının mevcut durumu ve 3 farklı yöntemle güçlendirme projesi yapılmış ve sonuçları TDY 2007'ye göre kıyaslanmıştır. Uygulama çalışmasında ise mevcutta bulunan bir binanın verileri kullanılarak yapı tasarlanmıştır. Bu yapının mevcut hali, ve çeşitli güçlendirme hallerinde yapıda oluşan etkiler incelenmiştir. Bu yöntemlerden en uygun olan güçlendirme modeli tavsiye edilmiştir.

## 2. Materyal Metot

### 2.1. Mevcut Yapı Analizi

Çalışma kapsamında incelenen yapı bodrum ve +3 normal kattan ibaret olup Samsun ilinde bulunmaktadır. Ülkemiz deprem haritasında Samsun ili 2. derece deprem bölgesinde olduğundan  $A_0 = 0.30$  olarak alınmıştır. Mevcut durumda TDY 2007 Tablo 2 ve 5'de belirtildiği üzere taşıyıcı sistem davranış katsayısı 4 olarak alınmıştır. Yapı önem katsayısı  $I=1$  alınmıştır. Bu değer TDY 2007 Tablo 2 ve 3'de konutlar için kullanılan değer satırı göz önüne alınarak kullanılmıştır. Spektrum karakteristik periyodu Z3 zemin tipi için belirlenen

$T_A=0.15s_n$  ve  $T_B=0.6s_n$  olarak alınmıştır. Hareketli yük katsayısı olarak yine yönetmelikte belirtilen konutlara uygun değer olan  $n=0.30$  alınmıştır. Hareketli yük azaltma katsayısı ise konutlarda  $C_z=1$  alınmaktadır. Malzeme olarak mevcut durum için C9 Beton sınıfı ve BÇ-I sınıfı Çelik, güçlendirme durumları için ise C25 Beton Sınıfı ve BÇ-III sınıfı Çelik alınmıştır. Güçlendirme halleri çözümlerken ise bina bilgi düzeyi kat sayısı ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı 1 alınarak Mod Süperpozisyon Yöntemi ile dinamik analiz yapılmıştır. Beton elastisite modülünün ve kayma modülünün bulunmasında TS500'de bulunan elastisite modülü ve kayma modülü formülleri kullanılmıştır. Bu formüller eşitlik (1) ve (2)'de görülmektedir.

$$E_{cj}=3250\sqrt{f_{ckj}}+14000 \text{ (MPa)} \quad (1)$$

$$G_{cj}=0.40 E_{cj} \quad (2)$$

İncelenen yapının mevcut durumu için performans analizi yapılmış olup sonuç olarak yapıda çok fazla yapı elemanının Belirgin Hasar (BH) seviyesinde olduğu, bazı yapı elemanlarının gevrek olduğu, kolonların %56,7'sinin Minimum Hasar (MH) sınırını aştığı görülmüştür. Ayrıca Can Güvenliği (CG) seviyesini sağlamayan eleman oranı X yönünde kirişlerin %65'i, kolonların %77,8'i ve Y yönünde ise kirişlerin %94,7'si, kolonların ise %25,9'u can güvenliği şartını sağlamadığından dolayı güçlendirme gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bundan dolayı farklı güçlendirme yöntemleri olarak perde eklenmesi yöntemiyle güçlendirme, bazı kolonların mantolanması ve perde eklenmesi durumunun beraber incelenmesi ve tüm kolonların mantolanması durumları için modeller oluşturularak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

## 2.2. Güçlendirme Uygulamaları

Güçlendirme uygulaması kapsamında ele alınan yapının mevcut durumu, perde eklenmesi yöntemiyle güçlendirme, bazı kolonların mantolanması ve perde eklenmesi durumunun beraber incelenmesi ve tüm kolonların mantolanması modellerine ait kalıp planları Şekil 1, 2, 3 ve 4'de görülmektedir.

Bütün modeller için yapı periyod değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Periyod değerleri incelendiğinde mevcut yapının periyodlarının daha büyük çıktığı görülmektedir. Yapı rijitliği arttıkça periyodunun azalacağı düşünülecek olursa; yapının en yüksek rijitliğe sadece perde eklenerek güçlendirme yapılan modelde ulaştığı görülmektedir. Güçlendirme yapılan diğer durumlarla kıyaslanacak olursa bu beklenen bir durumdur. Bunun nedeni ise sadece perde eklenmesi durumunda her katta uygulanmak üzere 7 adet perde eklenmiş, sadece kolon mantolaması yapılması durumunda tüm kat kolonları mantolanmış ve perde eklenmesi ve bazı kolonların

mantolaması durumunda ise tüm katlara 3 adet perde eklenmiş ve bazı kolonlara mantolama yapılmıştır.

### 2.2.1. Kiriş ve kolon kapasitelerine göre yapı göçme yükü hesabı

Kirişlerde oluşan plastik mafsallık kontrolü için  $M_{ci} \geq M_{bi}$  şartının sağlanması gerekmektedir. Tablo 2'de uygulanan bütün modeller için  $M_{ci}$  ve  $M_{bi}$  değerleri verilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde mevcut yapı modelinde 1. ve 2. katlarda her iki yönde kolonlarda de plastik mafsallaşmaya rastlanmıştır ve yapının kolon kiriş birleşim bölgesinde kuvvetli kiriş- zayıf kolon birleşimi olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum yapının ani göçmesine sebep olacağından, güçlendirme modellerinde bu durumun düzeltilmesi için gereken tedbirler alınmalıdır. Şekilde 2'de görülen kalıp planında belirtilen yerlere perde eklenerek güçlendirme yapılması durumunda kolonlarda plastik mafsallaşma durumuna rastlanılmamıştır. Şekil 3'de görülen kalıp planında belirtilen bütün kolonların mantolanması ile yapılan güçlendirme modelinde ise 2. katta sadece X yönünde 1. katta her iki yönde kolonlarda plastik mafsallaşmaya rastlanılmıştır. Şekil 4'de görülen kalıp planında belirtilen kolonların mantolanması ve perde eklenmesi ile yapılan güçlendirme modelinde ise 1. kat X deprem yönü için kolonlarda plastik mafsallaşma oluşmuştur.

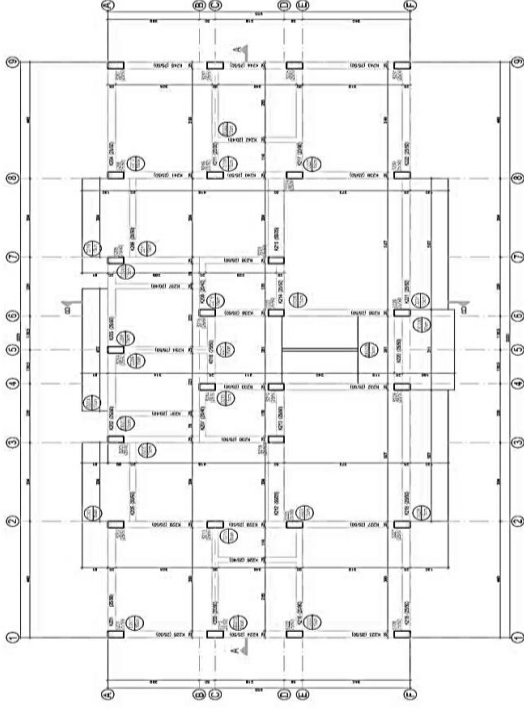
Bir yapının göçme yükünün belirlenebilmesi için  $V_e$  tasarım kesme kuvvetinin,  $V_r$  kesme dayanımından küçük olması gerekmektedir. İncelenen yapı modelleri için elde edilen kesme kuvveti değerleri Tablo 3'de görülmektedir. Tablo 3 incelendiğinde mevcut yapı modelinin 1. katında X deprem yönünde  $V_e > V_r$  durumuyla karşılaşılmış ve bu kattaki kesme kuvvetinin depremden gelen kesme kuvvetini karşılayamadığı görülmüştür. Diğer bütün modellerde ise  $V_r > V_e$  şartı her iki yön için sağlanmış olup depremden dolayı yapıya etkiyecek olan kesme kuvvetleri güvenli bir şekilde karşılanabilecektir.

### 2.2.2. Etki kapasite oranlarına göre kolon ve kirişlerde hasar bölgesi tanımlanması

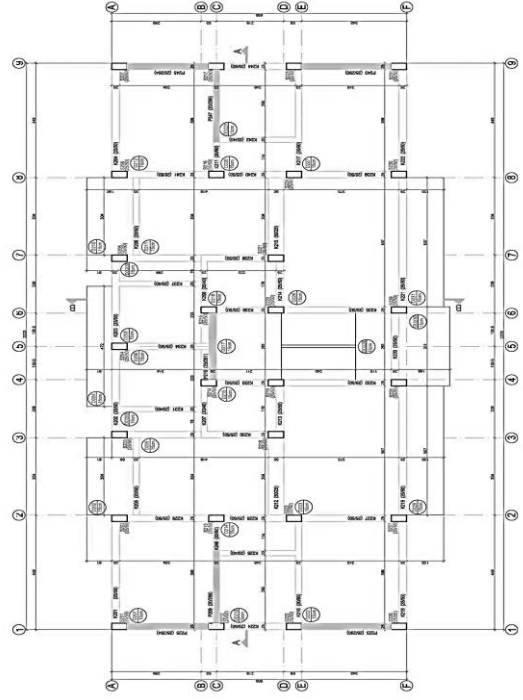
TDY 2007'de sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir. Hesaplanan kiriş ve kolon kesitlerinin etki/kapasite oranları ( $r$ ) TDY 2007' de verilen sınır değerler ( $r_s$ ) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilmiştir. Hasar bölgeleri tanımlanırken kullanılan hasar sınırı değerleri TDY 2007'de verilen değerlerin doğrudan enterpolasyon yapılması sonucu bulunmuştur. Bulunan bu sınır değerler kullanılarak kolonların hasar durumları Tablo 4'de ve kirişlerin hasar durumları ise Tablo 5'de

görülmektedir. Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar (MH) Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar (BH) Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri

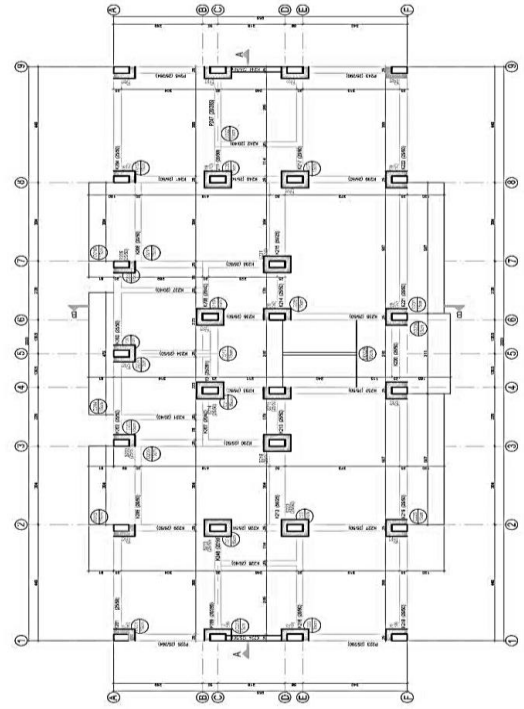
Hasar (İH) Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme (GB) Bölgesi'nde olarak Tablo 4 ve 5'de belirtilmiştir.



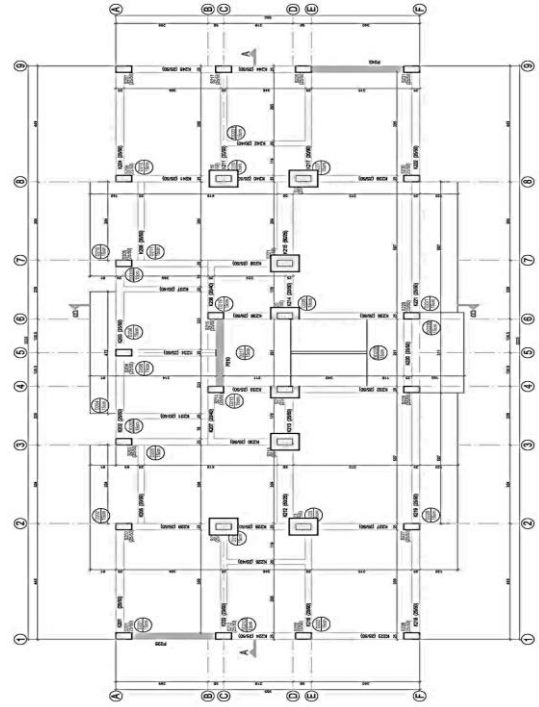
Şekil 1. Mevcut durum kat planı



Şekil 2. Perde eklenmesi durumu kat kalıp planı



Şekil 3. Tüm kolonların mantolanması durumu kat planı



Şekil 4. Perde eklenmesi ve mantolama yapılması durumu kat planı

### 2.2.3. Göreli kat öteleme kontrolü

Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusunda, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin göreli kat ötelemeleri, her bir hasar sınırı için TDY 2007’de verilen sınır değerini aşmamalıdır. Her model için elde edilen göreli kat

ötelemeleri ve bunlara göre belirlenen hasar durumları Tablo 6’da görülmektedir. Tablo 6 incelendiğinde mevcut durum X yönü hariç bütün durumlarda göreli kat ötelenmesi kriteri için minimum hasar değeri sağlanmaktadır.

**Tablo 1.** Bütün modeller için yapı periyod değerleri.

Mod	Mevcut Yapı	Perde Eklenmesi	Tüm Kolonların Mantolanması	Perde Eklenmesi ve Kolon Mantolama Yapılması
1.mod	$\omega$ 9.23	20.68	15.65	15.03
	T 0.6807	0.3038	0.4015	0.4180
2.mod	$\omega$ 12.11	25.58	15.86	20.28
	T 0.5189	0.2457	0.3961	0.3099
3.mod	$\omega$ 13.81	40.97	19.40	30.19
	T 0.4549	0.1534	0.3239	0.2082
4.mod	$\omega$ 24.45	74.05	52.67	53.12
	T 0.2570	0.0849	0.1193	0.1183
5.mod	$\omega$ 35.69	76.64	54.39	64.64
	T 0.1760	0.0820	0.1155	0.0972
$\Sigma M_{xr}$ %	100.00	99.99	100.00	100.00
$\Sigma M_{yr}$ %	100.00	99.58	100.00	100.00
$\Sigma M_{br}$ %	99.999	93.020	99.998	100.002

**Tablo 2.** Plastik mafsals kontrolü.

Durum	Kat No	X YÖNÜ		Y YÖNÜ	
		Kolon	Kiriş	Kolon	Kiriş
		$\Sigma M_{ci}$ (tm)	$\Sigma M_{bi}$ (tm)	$\Sigma M_{ci}$ (tm)	$\Sigma M_{bi}$ (tm)
Mevcut	3	153.83	148.99	324.37	241.58
	2	168.02	409.14	348.62	553.42
	1	174.36	675.52	361.95	865.26
Perde eklenmesi	3	1609.46	164.34	2215.98	206.35
	2	1671.15	439.07	2300.9	495.68
Tüm kolonların mantolanması	1	1723.85	712.61	2368.79	756.39
	3	1003.95	686.3	1565.99	623.94
	2	1067.84	1359.65	1655.71	1247.62
Perde eklenmesi ve kolon mantolama	1	1131.25	2033.19	1746.37	1871.3
	3	630.87	145.99	1294.95	279.12
	2	1047.89	670.52	1907.8	916.42
1	1101.91	1195.97	1977.12	1556.72	

**Tablo 3.** Göçme yükü kontrolü.

Durum	Kat No	X YÖNÜ		Y YÖNÜ	
		Ve (t)	Vr (t)	Ve (t)	Vr (t)
Mevcut	4	52.69	96.27	57.92	188.65
	3	97.68	112.08	107.93	195.67
	2	121.83	116.28	135.18	183.7
Perde eklenmesi	4	65.33	591.27	66.97	807.44
	3	116.67	450.91	122.11	602.02
Tüm kolonların mantolanması	2	144.47	359.39	155.52	470.14
	4	74.03	563.42	76.51	729.98
	3	134.66	522.14	135.65	618.77
Perde eklenmesi ve kolon mantolama	2	166.05	467.39	168.99	534.65
	4	66.40	258.95	64.7	524.69
	3	118.51	367.12	119.33	610.43
2	146.57	338.69	151.52	531.91	

### 2.2.4. Yapı İstenilen Performans Değerinin Belirlenmesi

TDY 2007’ye göre tasarlanan konut türü yapılarda, yapı 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depreme göre tasarlandığında yapı performansının Can Güvenliği

Performans Seviyesini sağlaması gerekmektedir. Bu performans düzeyi TDY 2007’de; “herhangi bir katta uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %30 u ileri hasar bölgesine geçebilir” ifadesi ile açıklanmaktadır.

Birinci model olan mevcut durumda; bütün yönlerde özellikle ikinci kat kirişlerinde bu sınır önemli ölçüde aşılmış hatta göçme bölgesinde % 10 civarında kirişler bulunmaktadır. Bu sebepten ötürü mevcut durum can güvenliği durumunu sağlayamamaktadır.

Sadece belli yerlere simetrik perde eklenmesi ile oluşturulan ikinci modelde ise; hiçbir yönde ve hiçbir katta ileri hasar bölgesinde kiriş olmadığı görülmektedir. Dolayısıyla bu güçlendirme türünde can güvenliği sınırı kirişler açısından sağlanmıştır.

Tüm kolonların mantolandığı üçüncü modelde; kirişlerin göçme bölgesine geçtiği görülmüş bu sebepten ötürü kirişlerde yönetmeliğin ön görmüş olduğu can güvenliği durumu sağlanamamıştır.

Dördüncü model olan bazı kolonların güçlendirilmesi ve perde eklenmesi durumunda; Can Güvenliği sınırı kirişler için sağlanmıştır.

Can Güvenliği Performans Düzeyi kolonlar için TDY 2007’de “İleri Hasar Bölgesi’ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20’nin altında olmalıdır. En üst katta



ileri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir" ifadesi bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında incelenen

modellerde bu durum sadece mevcut durumda karşılanamamakta olup diğer durumlar için sağlanmıştır.

**Tablo 4.** Etki kapasite oranlarına göre kolonların hasar durumları

Durum	Kolon No	$N_k / A_c.f_{cm}$	$V_e / (b_w.d.f_{ctm})$	$r (M_E/M_A)$	Hasar Sınırı			Hasar
					MN	GV	GÇ	
Mevcut	S101	0.161	0.328	0.00	2.80	5.60	7.60	MH
	S202	0.218	0.100	2.80	1.80	2.91	4.21	BH
	S205	0.429	0.160	3.40	1.50	2.00	3.00	GB
	S328	0.267	0.769	2.70	1.63	2.53	3.66	IH
	S329	0.267	0.769	2.70	1.63	2.53	3.66	IH
	S331	0.127	0.262	2.29	1.96	3.37	4.82	BH
Perde eklenmesi	S101	0.045	0.297	0.00	2.94	5.88	7.88	MH
	S202	0.039	0.168	0.46	1.52	2.05	3.07	MH
	S205	0.045	0.317	0.48	1.50	2.00	3.00	MH
	S328	0.275	0.771	0.55	2.31	4.62	6.62	MH
	S329	0.307	0.402	0.30	2.31	4.62	6.62	MH
	S331	0.062	0.281	0.48	3.00	6.00	8.00	MH
Tüm kolonların mantolanması	S101	0.002	0.029	0.00	3.00	6.00	8.00	MH
	S202	0.181	0.000	0.00	2.73	5.46	7.46	MH
	S205	0.178	0.000	0.00	2.74	5.48	7.48	MH
	S328	0.089	0.688	0.37	2.97	5.94	7.88	MH
	S329	0.087	0.686	0.37	2.97	5.94	7.89	MH
Perde eklenmesi ve kolon mantolanması	S331	0.079	0.352	0.37	3.00	6.00	8.00	MH
	S101	0.135	0.155	0.00	2.88	5.77	7.77	MH
	S202	0.433	0.261	0.81	1.50	2.00	3.00	MH
	S205	0.448	0.250	0.76	1.50	2.00	3.00	MH
	S328	0.327	0.545	0.50	2.24	4.49	6.49	MH
	S329	0.327	0.543	0.55	2.24	4.49	6.49	MH
	S331	0.053	0.336	1.02	3.00	6.00	8.00	MH

$N_k$ = aksel kuvvet,  $A_c$ = kolon veya perdenin brüt kesit alan,  $f_{ctm}$ = beton çekme dayanımı,  $V_e$ = kesme kuvveti,  $b_w$ = giriş gövde genişliği,  $d$ : giriş ve kolonun faydalı yüksekliği,  $M_E$ : deprem etkisi ile oluşan eğilme momenti,  $M_A$ : artik moment kapasitesi.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, TDY 2007'ye uygun olarak mevcut bir binanın depreme dayanıklılığının kontrolü ve farklı güçlendirme durumlarında yapının analizi yapılmıştır.

Çalışma kapsamında mevcut durum modeli, planda belirlenen yerlere perde eklenmesi ile güçlendirme, yapıda bulunan tüm kolonların mantolanması ile güçlendirme ve planda belirlenen yerlere perde eklenmesi ve kolon mantolanmasıyla güçlendirme durumları olmak üzere dört farklı model üzerinde çalışma yapılmıştır.

Oluşturulan modeller bilgisayar paket programıyla modellenerek her modelin performans analizi

gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sonuçları açısından değerlendirilecek olursa, mevcut durumun gelecek olan deprem yüklerini karşılayamayacak durumda olmasından ötürü güçlendirme gereksinimi doğmuştur. Bu açıdan yapı öncelikle perde eklenmesi yöntemiyle güçlendirilme modeli oluşturulmuştur.

Bu güçlendirme yöntemiyle binanın dayanımının arttığı ve tüm kat elemanlarında can güvenliğini sağlamayan eleman oranı %0 olarak belirlenerek can güvenliği sınırını karşıladığı görülmüştür.

Diğer bir güçlendirme yöntemi olarak binada bulunan tüm kolonlar mantolanarak yapı dayanımı artırılmıştır.

Ancak bu durumda can güvenliği durumunu güçlendirme türü yetersiz kalmıştır. sağlamayan elemanların %36,4 seviyesinde olduğu ve binanın gerekli performansı gösteremediğinden bu

**Tablo 5.** Etki kapasite oranlarına göre kirişlerin hasar durumları

Durum	Kiriş No	$(\rho-\rho')/\rho_b$	$V_e/(b.d.f_{ctm})$	$r (M_E/M_A)$	Hasar Sınırı			Hasar
					MN	GV	GÇ	
Mevcut	K107	0.124	0.497	0.00	2.38	3.75	5.75	MH
	K203	0.159	0.690	2.55	2.46	3.93	5.92	BH
	K339	-0.080	0.436	2.87	2.50	4.00	6.00	BH
	K345	0.080	0.557	4.02	2.42	3.84	5.84	İH
Perde eklenmesi	K107	0.124	0.498	0.00	2.38	3.75	5.75	MH
	K203	0.159	0.690	0.85	2.42	3.84	5.84	MH
	K339	0.244	0.636	0.31	3.00	6.02	8.53	MH
	K345	Bu güçlendirme modelinde burada perde bulunmaktadır.						
Tüm kolonların mantolanması	K107	0.124	0.498	0.00	2.38	3.75	5.75	MH
	K203	0.159	0.665	2.36	2.48	3.97	5.97	MH
	K339	0.159	0.554	2.10	2.34	3.68	5.68	MH
	K345	0.080	0.481	2.51	2.42	3.84	5.84	BH
Perde eklenmesi ve kolon mantolaması	K107	0.124	0.498	0.00	2.38	3.75	5.75	MH
	K203	0.263	0.766	0.53	2.91	5.69	8.07	MH
	K339	0.263	0.858	0.63	2.84	5.48	7.78	MH
	K345	0.132	0.674	0.57	2.98	6.41	9.14	MH

**Tablo 6.** Tüm modeller için görel kat ötelenmesi

Model	Kat No	$h_i$	X yönü $R_x \cdot \Delta_x/h$	Hasar Durumu	Y yönü $R_y \cdot \Delta_y/h$	Hasar Durumu
Mevcut Durum	3	3	0.0102871	BH	0.0061301	MH
	2	3	0.0135435	BH	0.0086964	MH
	1	3	0.0122603	BH	0.0073623	MH
	Bodrum	3	0.0002472	MH	0.0008937	MH
Perde Eklenmesi	3	3	0.0024957	MH	0.0015197	MH
	2	3	0.002783	MH	0.0016302	MH
	1	3	0.0024258	MH	0.0013556	MH
	Bodrum	3	0.000311	MH	0.0008958	MH
Tüm Kolonların Mantolanması	3	3	0.0038149	MH	0.0042472	MH
	2	3	0.0051864	MH	0.0050091	MH
	1	3	0.0041655	MH	0.0038766	MH
	Bodrum	3	0.0003771	MH	0.0011153	MH
Perde Eklenmesi ve Kolon Mantolama Yapılması	3	3	0.0060783	MH	0.0027710	MH
	2	3	0.0055395	MH	0.0027617	MH
	1	3	0.0044551	MH	0.0022571	MH
	Bodrum	3	0.0003975	MH	0.0009567	MH

Son olarak karşılaştırılan güçlendirme durumu ise planda belirlenen yerlere perde eklenmesi ve kolon mantolaması yapılmasında ise yapı dayanımı artırılmış ve tüm kat elemanlarında can güvenliğini sağlamayan eleman oranı %0 olarak belirlenmiş ve istenilen can güvenliği seviyesi sağlanmıştır.

Sonuç olarak mevcut yapı ve tüm kolonların mantolanması durumu haricindeki iki güçlendirme durumunda bina istenilen seviyede dayanıma kavuşmuştur. Fakat birinci kat kolonlarında X yönünde kolonlarda plastik mafsallaşma oluştuğu görülmüştür.

### Kaynaklar

- Chronopoulos P. 1986. Response of repaired/strengthened RC columns under cyclic actions. Proceedings of the 8th European Conference on Earthquake Engineering, V.5, Lisbon.
- Suleiman R. 1991. Repair and strengthening of reinforced concrete columns, Ph. D. Thesis in Middle East Technical University, Ankara.
- Chajes MJ, Januszka TF, Mertz DR, Thomson TA, Finch W. 1995. Shear strengthening of reinforced concrete beams using externally applied composite fabric. ACI Struct J, 92(3): 295-303.
- Zıraba YN, Baluch MH. 1995. Computational model for reinforced concrete beams strengthened by epoxy bonded steel plates. Finite Element Anal Design, 20(4): 253-271.
- Babalıoğlu MN. 1995. Çift eğrilikli betonarme kolonların komşu iki yüzünden onarımı veya güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Elmas M, Çağlar N, Mert N. 1997. Hasar görmüş betonarme kirişlerin çelik plakalarla güçlendirilmesi, XIV. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı, Türkiye İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir.
- Deneme İÖ. 2001. Depremde hasar gören yapıların güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Kuşan H. 2002. Depremde hasar gören yapıların onarımı ve güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Sayın B. 2003. Mevcut betonarme yapıların yeni deprem yönetmeliğine göre projelendirilmesi ve güçlendirme teknikleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ceritli S. 2006. Depremde hasar görmüş yapıların mantolama ve perdelerle güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Yılmaz S. 2007. Betonarme binaların yapı dışarısından perde duvarlarla güçlendirilmesi, Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Yıldırım M. 2008. Deprem etkisindeki betonarme yapıların onarım ve güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya/Hatay.
- Atay H. 2010. Depremde hasar görmüş yapıların güçlendirme yöntemleri ve güçlendirmede kullanılan malzemeler, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Batmacı H. 2011. Depremde hasar gören bir binanın mantolama, perde ilavesi ve kat azaltılması yöntemi ile güçlendirilmelerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Anonim. 2007. T.C. Resmi Gazete, Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik, (26454).